

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

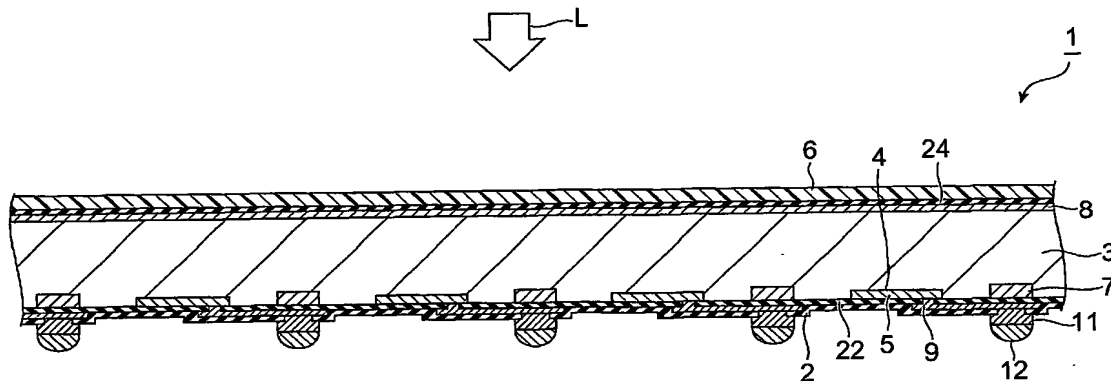
(10) 国際公開番号
WO 2004/086505 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 27/146, 31/10, G01T 1/20 (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目10番6号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004212
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004) (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-087894 2003 年 3 月 27 日 (27.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴山 勝己 (SHIBAYAMA, Katsumi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社 内 Shizuoka (JP).
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: PHOTODIODE ARRAY AND PRODUCTION METHOD THEREOF, AND RADIATION DETECTOR

(54) 発明の名称: ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器



(57) Abstract: A photodiode array (1) is provided with an n-type silicon substrate (3). A plurality of photodiodes (4) are formed in an array form on the surface opposite to the surface, onto which a light (L) to be detected enters, of the n-type silicon substrate (3). An area corresponding to a photodiode (4)-formed area on the light-to-be-detected (L)-incident surface of the n-type silicon substrate (3) is at least coated to provide a resin film (6) that transmits the light to be detected (L).

(57) 要約: ホトダイオードアレイ 1 は、n 型シリコン基板 3 を備える。n 型シリコン基板 3 における被検出光 L の入射面の反対面側に、複数のホトダイオード 4 がアレイ状に形成されている。n 型シリコン基板 3 の被検出光 L の入射面側におけるホトダイオード 4 が形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、被検出光 L を透過する樹脂膜 6 が設けられている。



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器

技術分野

【0001】 本発明は、ホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器に関する。

背景技術

【0002】 この種のホトダイオードアレイとして、従来から、バンプ電極等の形成されている面の反対面（裏面）から光を入射させるタイプの裏面入射型ホトダイオードアレイが知られている（例えば特許文献1参照）。この特許文献1に開示されているホトダイオードアレイは、図25および図26に示されるように、
n型シリコン基板133に角柱状のp層134を形成することにより、pn接合によるホトダイオード140を有している。シンチレータ131は、ホトダイオード140が形成されている表面（図面の下側）の裏面（図面の上側）に、負電極膜136を介してシンチレータ131が接着されている。シンチレータ131にて波長変換された光がホトダイオード140に入射すると、ホトダイオード140は入射光に応じた電流を生じさせる。ホトダイオード140にて生じた電流は、表面側に形成された正電極135、半田球139、及びプリント基板137に設けられた半田パッド138を通して出力される。

【0003】 【特許文献1】 特開平7-333348号公報

発明の開示

【0004】 ところで、上述のホトダイオードアレイ、例えばCT用ホトダイオードアレイを実装するには、チップを吸着するコレットとして、平コレットと角錐コレットを使用することができる。通常フリップチップボンディングを行う場合は、平コレットが使用されている。CT用ホトダイオードアレイは、チップ面積が大きい（例えば、1辺20mmの矩形状）。図24Bに示すように、通常のマウンタで使用する角錐コレット161を使用する場合、チップ162と角錐

コレット161との隙間163により、チップ162に反り返りが生じる。このため、角錐コレット161を使用する場合、上記反り返りにより位置ずれが生じ、チップ162の実装精度が低下するおそれがある。また、フリップチップボンディングを行う際には加熱や加圧が必要となるが、角錐コレット161では熱伝導の効率が良くない。また、加えられる圧力によって、チップ162のエッジが損傷するおそれもある。以上のことから、角錐コレット161は、薄いチップを吸着するのには不向きである。したがって、フリップチップボンディングを行う場合は、図24Aに示すように、チップ面に面接触する平コレット160でチップ162を吸着しつつ、そのチップ162にヒータブロック164から熱と圧力を加えている。

【0005】 しかしながら、平コレット160を使用すると、チップ162のチップ面全体が平コレット160に接触することになる。光入射面となるチップ面全体が平コレット160に接触して加圧および加熱を受けると、そのチップ面上の、ホットダイオードを構成する不純物拡散層に対応する領域が物理的なダメージ（損傷）を受ける場合がある。このように、チップ面がダメージを受けると、外観不良や特性劣化（暗電流や雑音の増加など）といった問題が生じることとなる。

【0006】 本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、実装時にホットダイオードに対応する領域がダメージを受けてしまうのを防止して、特性劣化を防ぐことが可能なホットダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器を提供することにある。

【0007】 上述した目的を達成するため、本発明に係るホットダイオードアレイは、半導体基板を備え、半導体基板における被検出光の入射面の反対面側に、複数のホットダイオードがアレイ状に形成されており、半導体基板の被検出光の入射面側におけるホットダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、被検出光を透過する樹脂膜が設けられていることを特徴とする。

【0008】 本発明に係るホトダイオードアレイでは、実装時に平コレットを使用する場合に、ホトダイオードが形成された領域に対応する領域と平コレットとの間に樹脂膜が介在することとなる。このため、上記ホトダイオードが形成された領域に対応する領域が平コレットに直に接触することがなく、加圧や加熱によるダメージを受けることがない。この結果、ノイズや暗電流等による特性劣化を効果的に防止することができる。

【0009】 また、半導体基板における被検出光の入射面の反対面側には、所定の深さを有する窪み部がアレイ状に複数形成されており、各ホトダイオードは、窪み部の底部にそれぞれ形成されていることが好ましい。この場合、半導体基板の被検出光の入射面からホトダイオードまでの距離が短縮されるので、被検出光の入射により発生するキャリアの移動過程における再結合が抑制される。この結果、光検出感度が向上する。

【0010】 また、樹脂膜は、半導体基板の被検出光の入射面全体を被覆するように設けられている。この場合、樹脂膜を容易に形成することができ、製造工程を簡易にすることができる。

【0011】 また、半導体基板には、隣接する各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられていることが好ましい。この場合、不純物領域により表面リークの発生が抑えられるために、隣接するホトダイオード同士を確実に電氣的に分離することができる。

【0012】 また、半導体基板の被検出光の入射面側には、当該半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることが好ましい。この場合、半導体基板内部の光入射面近傍で発生したキャリアがトラップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動することとなる。この結果、光検出感度を高めることができる。

【0013】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法は、第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、半導体基板の一方の面側に複数の第2導電

型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、半導体基板の他方の面において、ホトダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、ホトダイオードが感応する光を透過する樹脂膜を設ける工程と、を備えることを特徴とする。

【0014】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法では、半導体基板の一方の面にホトダイオードがアレイ状に配列して形成されると共に、少なくとも他方の面におけるホトダイオードが形成された領域に対応する領域に上記樹脂膜が設けられたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0015】 また、本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法は、第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、半導体基板の一方の面側に、窪み部をアレイ状に配列して複数形成する工程と、窪み部の底部に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、半導体基板の他方の面において、ホトダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、ホトダイオードが感応する光を透過する樹脂膜を設ける工程と、を備えることを特徴とする。

【0016】 本発明に係るホトダイオードアレイの製造方法では、半導体基板の一方の面に形成された窪み部の底部にホトダイオードがアレイ状に配列して形成されると共に、少なくとも他方の面におけるホトダイオードが形成された領域に対応する領域に上記樹脂膜が設けられたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0017】 また、上記樹脂膜を設ける工程の前に、半導体基板の他方の面に、第1導電型の高不純物濃度層を形成する工程を更に備えることが好ましい。この場合、半導体基板の他方の面に、半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成される。このため、半導体基板内部の光入射面近傍で発生したキャリアがトラ

ップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動することとなる。この結果、光検出感度を高めることができる。

【0018】 また、隣接する不純物拡散層の間に第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に備えることが好ましい。この場合、隣接する各ホトダイオードが
5 確実に電氣的に分離されたホトダイオードアレイを得ることができる。

【0019】 本発明に係る放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイにおける被検出光の入射面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする。

【0020】 また、本発明に係る放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイの製造方法により製造されたホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイの樹脂膜が設けられた面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチ
10 レータパネルと、を備えることを特徴とする。

【0021】 これら、本発明に係る放射線検出器それぞれにおいては、上記ホトダイオードアレイを備えているため、ノイズや暗電流等による特性劣化を効果的に防止することができる。
15

図面の簡単な説明

【0022】 図1は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの断面構成を示す図である。

【0023】 図2は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの構成を説明するための図である。
20

【0024】 図3は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0025】 図4は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0026】 図5は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。
25

【0027】 図6は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0028】 図7は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

5 【0029】 図8は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0030】 図9は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

10 【0031】 図10は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0032】 図11は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0033】 図12は、第1実施形態に係るホトダイオードアレイの変形例の断面構成を示す図である。

15 【0034】 図13は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの断面構成を示す図である。

【0035】 図14は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの構成を説明するための図である。

20 【0036】 図15は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0037】 図16は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0038】 図17は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

25 【0039】 図18は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0040】 図19は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0041】 図20は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

5 【0042】 図21は、第2実施形態に係るホトダイオードアレイの製造工程を説明するための図である。

【0043】 図22は、第3実施形態に係る放射線検出器の断面構成を示す図である。

10 【0044】 図23は、第4実施形態に係る放射線検出器の断面構成を示す図である。

【0045】 図24Aは、半導体チップを平コレットにより吸着した状態を模式的に示す図である。

【0046】 図24Bは、半導体チップを角錐コレットにより吸着した状態を模式的に示す図である。

15 【0047】 図25は、従来技術のホトダイオードアレイを示す斜視図である。

【0048】 図26は、図25におけるXXVI-XXVI方向の断面構成を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

20 【0049】 以下、図面を参照しながら本発明によるホトダイオードアレイ及びその製造方法、並びに放射線検出器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0050】 (第1実施形態)

25 図1は、本発明の実施形態に係るホトダイオードアレイ1の断面構成を示す図である。なお、以下の説明においては、光Lの入射面(図1の上面)を裏面、その反対面(図1の下面)を表面としている。以下の各図においては、図示の都合

上、寸法が適宜変更されている。

【0051】 ホトダイオードアレイ1は、pn接合により形成される複数のホトダイオード4を有している。複数のホトダイオード4は、ホトダイオードアレイ1の表面側において、縦横に規則正しいアレイ状に2次元配列されている。各ホトダイオード4は、ホトダイオードアレイ1の一面素としての機能を有し、全体で一つの光感応領域を構成している。

【0052】 ホトダイオードアレイ1は、n型（第1導電型）シリコン基板3を備える。n型シリコン基板3の厚みは、30～300 μ m（好ましくは100 μ m）程度である。n型シリコン基板3における不純物濃度は、 $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ 程度である。n型シリコン基板3の表面側において、p型（第2導電型）不純物拡散層5が縦横に規則正しいアレイ状に2次元配列されている。p型不純物拡散層5の厚みは、0.05～20 μ m程度（好ましくは0.2 μ m）である。p型不純物拡散層5における不純物濃度は、 $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度である。p型不純物拡散層5とn型シリコン基板3とにより形成されるpn接合が、ホトダイオード4を構成している。n型シリコン基板3の表面には、シリコン酸化膜22が形成されている。このシリコン酸化膜22の上には、パッシベーション膜2が形成されている。パッシベーション膜2は、例えばSiN等からなる。

【0053】 また、シリコン酸化膜22の上には、各p型不純物拡散層5（ホトダイオード4）に対応して電極配線9が形成されている。各電極配線9はアルミニウムからなり、その厚みは、1 μ m程度である。各電極配線9の一端は、シリコン酸化膜22に形成されたコンタクトホールを通して、対応するp型不純物拡散層5に電氣的に接続されている。各電極配線9の他端は、パッシベーション膜2に形成されたコンタクトホールを通して、対応するアンダーバンプメタル(UBM)11に電氣的に接続されている。各UBM11には、半田のバンプ電極12が形成されている。UBM11とバンプ電極12とは、電氣的に接続されてい

る。

【0054】 UBM11は、半田との界面接合が強く、アルミニウムへの半田成分の拡散を防止できるものが好ましく、多層膜構造とすることが多い。この多層膜構造としては、無電解メッキによるニッケル (Ni) - 金 (Au) 等がある。この構造は、アルミニウムが露出している領域にニッケルのメッキを厚く (3 ~ 15 μm) 形成し、その上に薄く (0.05 ~ 0.1 μm) 金をメッキするものである。金は、ニッケルの酸化を防ぐためのものである。他には、チタン (Ti) - 白金 (Pt) - 金 (Au) やクロム (Cr) - 金 (Au) をリフトオフにより形成した構造もある。

【0055】 n型シリコン基板3の裏面側には、高不純物濃度層としてのアキュムレーション層8が設けられている。アキュムレーション層8は、裏面の略全体にわたって略均一な深さで形成されている。アキュムレーション層8は、n型シリコン基板3と同じ導電型であり、n型シリコン基板3よりも不純物濃度が高い。なお、本実施形態に係るホトダイオードアレイ1はアキュムレーション層8を有しているが、当該アキュムレーション層8を有していなくても、実用上十分に許容し得る程度の光検出感度を有している。

【0056】 アキュムレーション層8の上には、当該アキュムレーション層8を被覆して保護すると共に、光Lの反射を抑制するAR膜24が形成されている。AR膜24は、例えばSiO₂からなり、その厚みは0.01 ~ 数 μm 程度である。なお、AR膜24は、SiO₂の他にSiNや必要な波長において反射防止ができるような光学膜を積層あるいは複合して形成してもよい。

【0057】 n型シリコン基板3の表面側において、各p型不純物拡散層5の存在する領域がホトダイオード4の形成されている領域 (以下、「形成領域」と称する) で、それ以外の領域がホトダイオードの形成されない領域となっている。AR膜24上には、各ホトダイオード4の形成領域に対応する領域 (以下、「対応領域」と称する) を少なくとも被覆する樹脂膜6が設けられている。樹脂膜6は、

被検出光（ホトダイオード4が感応する光）Lを透過する樹脂材料からなる。本実施形態においては、樹脂膜6は、AR膜24全体を覆っている。

【0058】 n型シリコン基板3における隣接するp型不純物拡散層5同士の間、すなわち隣接するホトダイオード4同士の間には、n⁺型不純物領域7が設けられている。n⁺型不純物領域7の厚みは、0.1～数10μm程度である。n⁺型不純物領域7は、隣接するホトダイオード4（p型不純物拡散層5）同士を電氣的に分離する分離層として機能する。これにより、隣接するホトダイオード4同士が確実に電氣的に分離され、ホトダイオード4間のクロストークを低減することができる。なお、本実施形態におけるホトダイオードアレイ1は、n⁺型不純物領域7を設けなくても、実用上十分に許容し得る程度の光検出特性を有している。

【0059】 ホトダイオードアレイ1は、図2に示されるように、極めて薄い板状である。ホトダイオードアレイ1の幅W1は22.4mm程度であり、ホトダイオードアレイ1の厚みDは約0.3mmである。ホトダイオードアレイ1は、上述したホトダイオード4を多数有し（例えば、256（16×16）個の2次元配列）している。隣接するホトダイオード4（画素）間のピッチW2は、1.4mm程度である。ホトダイオードアレイ1は、大面積（例えば、22.4mm×22.4mm）のチップである。なお、図2中の一番上の図はホトダイオードアレイ1の薄さを示すためのものであり、ホトダイオードアレイ1の細部は拡大図に描いている。

【0060】 ホトダイオードアレイ1では、裏面から光Lが入射すると、入射した光Lは樹脂層6及びアキュムレーション層8を通過して、pn接合に到達する。そして、各ホトダイオード4は、その入射光に応じたキャリアを生成する。このとき、アキュムレーション層8は、n型シリコン基板3の内部の光入射面（裏面）近傍にて生成したキャリアが光入射面やAR膜24との界面でトラップされるのを抑制する。これにより、キャリアがpn接合へ効率的に移動して、ホトダ

イオードアレイ 1 の光検出感度が高まる。生成したキャリアによる光電流は、各 p 型不純物拡散層 5 に接続している電極配線 9 及び UBM 11 を通してバンプ電極 12 から取り出される。このバンプ電極 12 からの出力によって、入射光の検出が行われることとなる。

5 【0061】 以上のように、本実施形態においては、ホトダイオードアレイ 1 における光 L の入射面側（すなわち裏面側）に、各ホトダイオード 4 の対応領域を被覆し得る樹脂膜 6 が設けられている。この樹脂膜 6 は、ホトダイオードアレイ 1 を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合に平コレットに接触して、その平コレットと各ホトダイオード 4 の対応領域との間に位置することとなる。これにより、各ホトダイオード 4 の対応領域は、樹脂膜 6 により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、各ホトダイオード 4 の対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、当該対応領域のアキュムレーション層 8 に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはない。ホトダイオード 4 には、そのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流やノイズが発生することもない。この結果、ホトダイオードアレイ 1 は、
10 高精度な（S/N比が高い）光検出を行うことができる。

15 【0062】 また、後述するように、樹脂膜 6 は、各ホトダイオード 4 の対応領域を保護し得るクッション層としての機能を発揮し得る。これにより、平コレットに吸着する際の物理的な衝撃を吸収することもできる。

20 【0063】 また、後述するように、フリップチップボンディング以外、例えばホトダイオードアレイ 1 をシンチレータに一体化して CT 用センサとする場合にも、シンチレータが上記対応領域に直接接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージを回避することができる。

25 【0064】 ところで、樹脂膜 6 は、少なくともホトダイオード 4 の対応領域全体を被覆し得る範囲に設ければよい。この要件を満たしていれば、単層の樹脂膜 6 がホトダイオード 4 の対応領域全体を被覆するように設けられていてもよい。

また、樹脂膜6が、ホットダイオード4の対応領域毎に複数設けられており、ホットダイオード4の形成領域と対応しない領域（以下「非対応領域」という）に、樹脂膜6が形成されない欠落部6aが存在してもよい（図12参照）。しかし、製造工程を簡易にするという点では、単層の樹脂膜6によりホットダイオード4の対応領域全体を被覆するように設けたほうが好ましい（この点については後に詳述する）。

【0065】 樹脂膜6は、ホットダイオード4の対応領域全体の保護膜となり、入射面側に配置される。したがって、樹脂膜6は、ホットダイオードアレイ4が検出する光（被検出光、例えば後述するシンチレータパネル31の発生する蛍光）を透過し、その被検出光に対して光学的に透明な光透過性の樹脂、例えば、エポキシ樹脂やポリイミド樹脂、アクリレート樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂、ウレタン樹脂等の樹脂からなっている。また、樹脂層6は、フリップチップボンディングを行う際に平コレットに直に接触して、加圧され、加熱されるものである。したがって、樹脂層6は、この加圧や加熱から各ホットダイオード4の対応領域を保護し得る材料からなることが好ましい。この場合、例えば、熱膨張係数が $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 程度、弾性率が $10 \sim 12000 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 程度、熱伝導率が $0.2 \sim 1.85 \text{ W} / \text{m}^\circ\text{C}$ であることが好ましい。また、不純物イオンが加熱によりホットダイオード4へ拡散せず、少なくとも後述するシンチレータパネル31からの光の吸収がなしえるような膜厚（ $1 \sim 50 \mu\text{m}$ （好ましくは $10 \mu\text{m}$ ）程度）であることが好ましい。

【0066】 次に、本実施形態に係るホットダイオードアレイ1の製造方法について、図3～図11に基づいて説明する。

【0067】 まず、図3に示されるように、 $150 \sim 500 \mu\text{m}$ （好ましくは $350 \mu\text{m}$ ）程度の厚さを有するn型シリコン基板3を準備する。次に、n型シリコン基板3の表面および裏面に、シリコン酸化膜（ SiO_2 ）20を形成する（図4参照）。

【0068】 次に、n型シリコン基板3の表面に形成されたシリコン酸化膜20に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、n⁺型不純物領域7を形成する予定位置に開口を形成する。そして、シリコン酸化膜20に形成された開口からリンをドーピングしてn型シリコン基板3にn⁺型不純物領域7を設ける。本実施形態では、n型シリコン基板3の裏面側にもn⁺型不純物領域7を形成している。n⁺型不純物領域7を設けない場合はこの工程（不純物領域形成工程）を省略してもよい。続いて、n型シリコン基板3の表面および裏面にシリコン酸化膜21を再び形成する（図5参照）。このシリコン酸化膜21は後続の工程において、p型不純物拡散層5を形成する際のマスクとして利用される。

【0069】 次に、n型シリコン基板3の表面に形成されたシリコン酸化膜21に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、各p型不純物拡散層5を形成する予定位置に開口を形成する。シリコン酸化膜21に形成された開口からボロンをドーピングし、p型不純物拡散層5を縦横のアレイ状に2次元配列で形成する。これにより、各p型不純物拡散層5とn型シリコン基板3のpn接合によるホトダイオード4が縦横のアレイ状に2次元配列で形成されることとなる。このホトダイオード4は、画素に対応する部分となる。続いて、基板の表面側にシリコン酸化膜22を再び形成する（図6参照）。

【0070】 次に、n型シリコン基板3の裏面を、その厚さが所定の厚さ（30～300μm程度）になるまで研磨して、n型シリコン基板3の薄型（薄板）化する。そして、n型イオン種（例えば、リンや砒素）をn型シリコン基板3の裏面から0.05～数10μm程度の深さまで拡散させて、n型シリコン基板3よりも不純物濃度が高い上述のアキュムレーション層8を形成する。さらに、熱酸化を行い、アキュムレーション層8の上にAR膜24を形成する（図7参照）。

【0071】 次に、各ホトダイオード4の形成領域に、ホトエッチング技術により、各p型不純物拡散層5まで伸びるコンタクトホールをシリコン酸化膜22に形成する。続いて、アルミニウム金属膜をシリコン酸化膜22の上に蒸着によ

り形成した後に所定のホトマスクを用いてパターニングを行うことで、電極配線 9 を形成する（図 8 参照）。

【0072】 次に、AR 膜 24 の上に、樹脂膜 6 の材料となるエポキシ樹脂やポリイミド樹脂、アクリレート樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂、ウレタン樹脂等の樹脂を塗布し、それをスピンコーティングやスクリーン印刷法等により全体に広げて硬化させ、樹脂膜 6 を設ける（図 9 参照）。この樹脂膜 6 を設けることにより各ホトダイオード 4 の対応領域が保護されることとなる。なお樹脂膜 6 に上述の欠落部 6 a を形成する場合は欠落部 6 a の部分から、塗布した樹脂を除去すればよい。この場合でも、各ホトダイオード 4 の対応領域は保護される。

【0073】 樹脂膜 6 を形成した後、電極配線 9 を覆うように、シリコン酸化膜 22 の上にパッシベーション膜 2 となる SiN 膜 25 を形成する。SiN 膜 25 は、スパッタリングやプラズマ CVD などにより形成することができる。パッシベーション膜 2 は、SiO₂ や PSG, BPSG などの絶縁膜、ポリイミド樹脂、アクリレート樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂やそれらの複合膜や積層膜などであってもよい。なお、パッシベーション膜 2 の形成工程は樹脂膜 6 の形成する前に行ってもよい。

【0074】 次に、SiN 膜 25 の所定の位置にコンタクトホールを形成し、電極取り出し部とする（図 10 参照）。さらに、バンプ電極 12 を設けるが、そのバンプ電極 12 として半田を用いる場合、半田はアルミニウムに対する濡れ性が悪いので各電極取り出し部とバンプ電極 12 を仲介するための UBM 11 を各電極取り出し部に形成する。そして、UBM 11 に重ねてバンプ電極 12 を形成する（図 11 参照）。

【0075】 以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズが発生せず、高精度な光検出を行えるホトダイオードアレイ 1 を製造することができる。

【0076】 バンプ電極 12 は、半田ボール搭載法や印刷法で所定の UBM 1

1に半田を形成し、リフロすることによって形成することができる。なお、バンプ電極12は、半田に限られるものではなく、金バンプ、ニッケルバンプ、銅バンプでもよく、導電性フィラー等の金属を含む導電性樹脂バンプでもよい。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極同様に、 n^+ 型不純物領域7から取り出すことができる（図示せず）。また、図ではアノード電極のバンプ電極12が n^+ 型不純物領域7のエリアに形成された場合を示しているが、アノード電極のバンプ電極12は、 p 型不純物拡散層5のエリアに形成してもよい。

【0077】（第2実施形態）

次に、ホトダイオードアレイとその製造方法の第2実施形態について説明する。

【0078】 本実施形態では、図13に示されるように、光Lの入射面の反対面側（表面側）に窪み部45が形成された n 型シリコン基板43を有するホトダイオードアレイ41を対象としている。なお、このホトダイオードアレイ41は、ホトダイオードアレイ1と共通部分を有するので、以下の説明は双方の相違点を中心に行い、共通部分については、その説明を省略ないし簡略化する。

【0079】 ホトダイオードアレイ41では、 n 型シリコン基板43の表面側に、窪み部45が、縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列で複数形成されている。各窪み部45は、 n 型シリコン基板43の所定の領域をその周囲の領域よりも薄くなるように窪ませて形成したもので、1.4～1.5mm程度の配置間隔で形成されている。窪み部45の底部45aに上述のホトダイオード4が一つづつ形成されることによって、ホトダイオード4がアレイ状に2次元配列されたホトダイオードアレイ41を構成している。

【0080】 各窪み部45は、 n 型シリコン基板43の表面に、例えば1mm×1mm程度の大きさの矩形状開口を有し、その開口からその底部45aに向かい（表面側から裏面側に向かって）開口寸法が漸次縮小するように形成されている。これにより、窪み部45は、斜面の側面45bを有することとなる。 n 型シ

リコン基板 4 3 の表面から底部 4 5 a までの深さは、例えば 5 0 μ m 程度である。

【0081】 電極配線 9 は、側面 4 5 b に沿って、シリコン酸化膜 2 2 の上に形成されている。各電極配線 9 の一端は、シリコン酸化膜 2 2 に形成されたコンタクトホールを通して、対応する p 型不純物拡散層 5 に電氣的に接続されている。

5 各電極配線 9 の他端は、パッシベーション膜 2 に形成されたコンタクトホールを通して、対応する UBM 1 1 に電氣的に接続されている。隣接ホットダイオード 4 の間に、 n^+ 型不純物領域 7 が設けられている。

【0082】 n 型シリコン基板 3 の裏面側全体には、アキュムレーション層 8 が形成されている。アキュムレーション層 8 の上には、AR 膜 2 4 が形成されている。このアキュムレーション層 8、AR 膜 2 4 とともに、上述したホットダイオードアレイ 1 と同様である。そして、AR 膜 2 4 上の各ホットダイオード 4 の対応領域に、上述の樹脂膜 6 が設けられている。この樹脂膜 6 も上述したホットダイオードアレイ 1 と同様である。

10

【0083】 ホットダイオードアレイ 4 1 は、図 1 4 に示されるように、極めて薄い板状である。ホットダイオードアレイ 4 1 の幅 W_1 は 2 2 . 4 mm 程度であり、ホットダイオードアレイ 4 1 の厚み D は 1 5 0 ~ 3 0 0 μ m である。ホットダイオードアレイ 4 1 は、上述のホットダイオード 4 を多数有する（例えば、2 5 6 (1 6 \times 1 6) 個の 2 次元配列)。隣接するホットダイオード 4 間のピッチ W_2 は、1 . 4 mm 程度である。ホットダイオードアレイ 4 1 は、大面積（例えば、2 2 . 4 mm \times 2 2 . 4 mm) のチップである。なお、図 1 4 中の一番上の図はホットダイオードアレイ 4 1 の薄さを示すためのものであり、ホットダイオードアレイ 4 1 の細部は拡大図に描いている。

15

20

【0084】 以上のように構成されたホットダイオードアレイ 4 1 は、裏面から光 L が入射すると、ホットダイオードアレイ 1 と同様に、入射した光 L は樹脂膜 6 及びアキュムレーション層 8 を通過して、 p n 接合に到達する。そして、各ホットダイオード 4 は、その入射光に応じたキャリアを生成する。このとき、 p n 接合

25

が窪み部45の底部45aに設けられているのでn型シリコン基板43の裏面からpn接合までの距離が短縮されている（例えば、10～100 μ m程度）。したがって、ホットダイオードアレイ41では、光Lの入射により発生するキャリアが移動する過程で、再結合により消滅してしまう事態が抑制される。この結果、ホットダイオードアレイ41は、検出感度を高く維持できる。

【0085】 また、アキュムレーション層8により、n型シリコン基板3の内部の光入射面（裏面）近傍にて生成したキャリアが再結合することなくpn接合へ効率的に移動することとなる。これにより、ホットダイオードアレイ41は、光検出感度が一層高くなっている（ただし、本実施形態のホットダイオードアレイ41は、アキュムレーション層8を設けていなくても、実用上十分に許容しえる程度の検出感度を有している）。

【0086】 生成したキャリアによる光電流は、各p型不純物拡散層5に接続している電極配線9及びUBM11を通してバンプ電極12から取り出される。このバンプ電極12からの出力によって、入射光の検出が行われることとなる。この点については、ホットダイオードアレイ1と同様である。

【0087】 以上のように、本実施形態のホットダイオードアレイ41も、ホットダイオードアレイ1と同様に、ホットダイオードアレイ41における光Lの入射面側（すなわち裏面側）に、各ホットダイオード4の対応領域を被覆し得る樹脂膜6が設けられている。この樹脂膜6は、ホットダイオードアレイ41を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合に平コレットに接触して、その平コレットと各ホットダイオード4の対応領域との間に位置することとなる。これにより、各ホットダイオード4の対応領域は、樹脂膜6により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、各ホットダイオード4の対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、当該対応領域におけるアキュムレーション層8に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはない。ホットダイオード4には、そのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流や

ノイズが発生することもない。この結果、ホトダイオードアレイ 4 1 は、高精度な（S/N比が高い）光検出を行うことができる。

【0088】 また、後述するように、フリップチップボンディング以外、例えばホトダイオードアレイ 4 1 をシンチレータに一体化して CT 用センサとする場合にも、シンチレータが上記対応領域に直接接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージを回避することができる。

【0089】 次に、本実施形態に係るホトダイオードアレイ 4 1 の製造方法について、図 3～図 6、図 15～図 21 に基づいて説明する。

【0090】 まず、ホトダイオードアレイ 1 と同様に、図 3～図 6 を用いて説明した各工程を実行する。次に、n 型シリコン基板 3 の裏面を当該 n 型シリコン基板 3 の厚さが所定の厚さになるまで研磨して、n 型シリコン基板 3 の薄型（薄板）化を行う。続いて、n 型シリコン基板 3 の表面および裏面に、LP-CVD（またはプラズマ CVD）によりシリコン窒化膜（SiN）26 を形成し、さらに続いて表面側のシリコン酸化膜 22 とシリコン窒化膜 26 に、所定のホトマスクを用いてパターニングを行い、各窪み部 45 を形成する予定位置に開口を形成する（図 15 参照）。

【0091】 次に、n 型シリコン基板 3 の表面に、その各 p 型不純物拡散層 5 が形成されている領域を対象として、p 型不純物拡散層 5 の枠状周辺部 5a が残るように、p 型不純物拡散層 5 及び n 型シリコン基板 3 をアルカリエッチングにより除去して窪み部 45 を形成する。これにより、n 型シリコン基板 43 が得られることとなる。このとき、窪み部 45 の開口縁部に、p 型不純物の拡散した領域として枠状周辺部 5a が形成される。窪み部 45 は、側面 45b と底部 45a とを有することとなる。枠状周辺部 5a は必ずしも必要ではない。枠状周辺部 5a を形成した場合、窪み部 45 を形成するためのエッチングにより形成されたエッジ部分でのダメージによる雑音や暗電流を防止する効果が得られる。図 13、14、23 では、枠状周辺部 5a を形成しない例が示されている。

【0092】 次いで、形成された各窪み部45の底部45aにボロン等をドー
プする。これにより、各窪み部45の底部45aにp型不純物拡散層5bが形成
されることとなり、そのp型不純物拡散層5bとn型シリコン基板43のpn接
合によるホトダイオード4が縦横のアレイ状に2次元配列で形成される。続いて、
5 表面に形成されたシリコン窒化膜26にて被覆されていない領域の上に、シリコ
ン酸化膜22を形成する（図16参照）。なお、このとき、図示はしないが裏面に
形成されたシリコン窒化膜26の上にもシリコン酸化膜が形成される。

【0093】 次に、n型シリコン基板43の裏面に形成されたシリコン窒化膜
26を除去した後、n型イオン種（例えば、リンや砒素）のイオン注入などによ
り、n型シリコン基板43よりも不純物濃度が高いアキュムレーション層8を形
成する。さらに、熱酸化を行い、アキュムレーション層8の上にAR膜24を形
成する。その後、n型シリコン基板43の表面に形成されたシリコン窒化膜26
を除去する（図17参照）。

【0094】 そして、各ホトダイオード4の形成領域において、ホトエッチン
グ技術により、各p型不純物拡散層5bまで伸びるコンタクトホールを表面側の
シリコン酸化膜22に形成する。続いて、アルミニウム金属膜をシリコン酸化膜
22の上に蒸着により形成した後に所定のホトマスクを用いてパターニングを行
うことで、電極配線9を形成する（図18参照）。

【0095】 次に、第1の実施形態と同じ要領で、AR膜24の上に樹脂膜6
を設ける（図19参照）。

【0096】 樹脂膜6を形成した後、電極配線9を覆うように、シリコン酸化
膜22の上にパッシベーション膜2となるSiN膜25を形成する。SiN膜2
5は、スパッタリングやプラズマCVDなどにより形成することができる。続け
て、SiN膜25の各電極配線9に対応する位置にコンタクトホールを形成する
（図20参照）。続いて、第1の実施形態と同様の要領で、コンタクトホールを通
して電極配線9と電氣的に接続するUBM11を無電解メッキ等により形成する。

そして、UBM11に重ねてバンプ電極12を形成する（図21参照）。

【0097】 以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズや暗電流が発生せず、高精度な光検出を行えるホトダイオードアレイ41を製造することができる。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極と同様に、 n^+ 型不純物領域7から取り出すことができる（図示せず）。

【0098】 （第3実施形態）

次に、第3実施形態に係る放射線検出器について説明する。

【0099】 図22は、本実施形態に係る放射線検出器50の断面構成を示す図である。この放射線検出器50は、放射線の入射により発光するシンチレータパネル31と、上述のホトダイオードアレイ1とを備えている。シンチレータパネル31は、入射した放射線によって生じた光を光出射面31aから出射する。シンチレータパネル31は、ホトダイオードアレイ1の光入射面、すなわちホトダイオードアレイ1における樹脂膜6が設けられた面に対向して配置されている。ホトダイオードアレイ1は、シンチレータパネル31の光出射面31aから出射した光が光入射面から入射すると、入射した光を電気信号に変換する。

【0100】 シンチレータパネル31は、ホトダイオードアレイ1の裏面側（入射面側）に取り付けられる。ホトダイオードアレイ1には、上述した樹脂膜6が設けられているので、シンチレータパネル31の裏面、すなわち、光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接触することはない。シンチレータパネル31の光出射面31aと樹脂膜6との間隙には、光が十分透過するように設定された屈折率を有する光学樹脂35が充填されている。この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射した光が効率よくホトダイオードアレイ1に入射する。この光学樹脂35は、シンチレータパネル31から出射した光を透過する性質を有するエポキシ樹脂や、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、フッ素樹脂等を用いることができるが、これらの複合材料を用いてもよい。

【0101】そして、ホトダイオードアレイ1を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には、平コレットでホトダイオードアレイ1を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ1には、上述した樹脂膜6が設けられているため、平コレットの吸着面が各ホトダイオード4の対応領域に直接接触することはない。

5 また、シンチレータパネル31を取り付けたときに、その光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接触することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ1とシンチレータパネル31とを有する放射線検出器50は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を防止することができる。この結果、放射線検出器50によれば、光検出が精度よく行われ、

10 放射線の検出も精度よく行うことができる。

【0102】（第4実施形態）

次に、第4実施形態に係る放射線検出器について説明する。

【0103】図23は、本実施形態に係る放射線検出器55の断面構成を示す図である。この放射線検出器55は、シンチレータパネル31と、上述のホトダイオードアレイ41とを備えている。シンチレータパネル31は、ホトダイオードアレイ41の光入射面、すなわちホトダイオードアレイ41における樹脂膜6

15 が設けられた面に対向して配置されている。

【0104】シンチレータパネル31はホトダイオードアレイ41の裏面側（入射面側）に取り付けられる。ホトダイオードアレイ41には、上述した樹脂膜6

20 が設けられているので、シンチレータパネル31の裏面、すなわち、光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接触することはない。また、シンチレータパネル31の光出射面31aと樹脂膜6との間隙には、光が十分透過するように特性を考慮して設定された屈折率を有する光学樹脂35が充填されている。この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射した光が効率よくホトダイオードアレイ41に入射する。

25

【0105】そして、ホトダイオードアレイ41を図示しない実装配線基板上

にボンディングする際には、平コレットでホットダイオードアレイ 4 1 を吸着する。しかし、ホットダイオードアレイ 4 1 には、上述した樹脂膜 6 が設けられているため、平コレットの吸着面が各ホットダイオード 4 の対応領域に直接接触することはない。また、シンチレータパネル 3 1 を取り付けたときに、その光出射面 3 1 a がホットダイオード 4 の対応領域に直接接触することもない。したがって、このようなホットダイオードアレイ 4 1 とシンチレータパネル 3 1 とを有する放射線検出器 5 5 は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を防止することができる。この結果、放射線検出器 5 5 によれば、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度よく行うことができる。

【0106】 以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、樹脂膜 6 は、n 型シリコン基板 3, 4 3 の上に直接設けるようにしてもよく、AR 膜 2 4 等の構造体を介して設けるようにしてもよい。

産業上の利用可能性

【0107】 本発明は、X 線断層像撮像装置、放射線像撮像装置に利用できる。

請求の範囲

1. 半導体基板を備え、

前記半導体基板における被検出光の入射面の反対面側に、複数のホトダイオードがアレイ状に形成されており、

5 前記半導体基板の被検出光の前記入射面側における前記ホトダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、被検出光を透過する樹脂膜が設けられていることを特徴とするホトダイオードアレイ。

2. 前記半導体基板における被検出光の前記入射面の前記反対面側には、所定の深さを有する窪み部がアレイ状に複数形成されており、

10 前記各ホトダイオードは、前記窪み部の底部にそれぞれ形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のホトダイオードアレイ。

3. 前記樹脂膜は、前記半導体基板の被検出光の前記入射面全体を被覆するように設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載のホトダイオードアレイ。

15 4. 前記半導体基板には、隣接する前記各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイ。

20 5. 前記半導体基板の被検出光の前記入射面側には、当該半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイ。

6. 第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、

前記半導体基板の一方の面側に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と前記半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、

25 前記半導体基板の他方の面において、前記ホトダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、前記ホトダイオードが感応する光を透過する

樹脂膜を設ける工程と、を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

7. 第1導電型の半導体からなる半導体基板を用意し、

前記半導体基板の一方の面側に、窪み部をアレイ状に配列して複数形成する工程と、

前記窪み部の底部に複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、当該各不純物拡散層と前記半導体基板とにより構成される複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する工程と、

前記半導体基板の他方の面において、前記ホトダイオードが形成された領域に対応する領域を少なくとも被覆し、前記ホトダイオードが感応する光を透過する樹脂膜を設ける工程と、を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

8. 前記樹脂膜を設ける前記工程の前に、前記半導体基板の前記他方の面に、第1導電型の高不純物濃度層を形成する工程を更に備えることを特徴とする請求の範囲第6項又は第7項に記載のホトダイオードアレイの製造方法。

9. 隣接する前記不純物拡散層の間に第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に備えることを特徴とする請求の範囲第6項～第8項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイの製造方法。

10. 請求の範囲第1項～第5項のいずれか一項に記載のホトダイオードアレイと、

前記ホトダイオードアレイにおける被検出光の前記入射面に対向して配置され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする放射線検出器。

11. 請求の範囲第6項～第9項のいずれか一項に記載の製造方法により製造されたホトダイオードアレイと、

前記ホトダイオードアレイにおける前記樹脂膜が設けられた面に対向して配置

され、放射線の入射により発光するシンチレータパネルと、を備えることを特徴とする放射線検出器。

図1

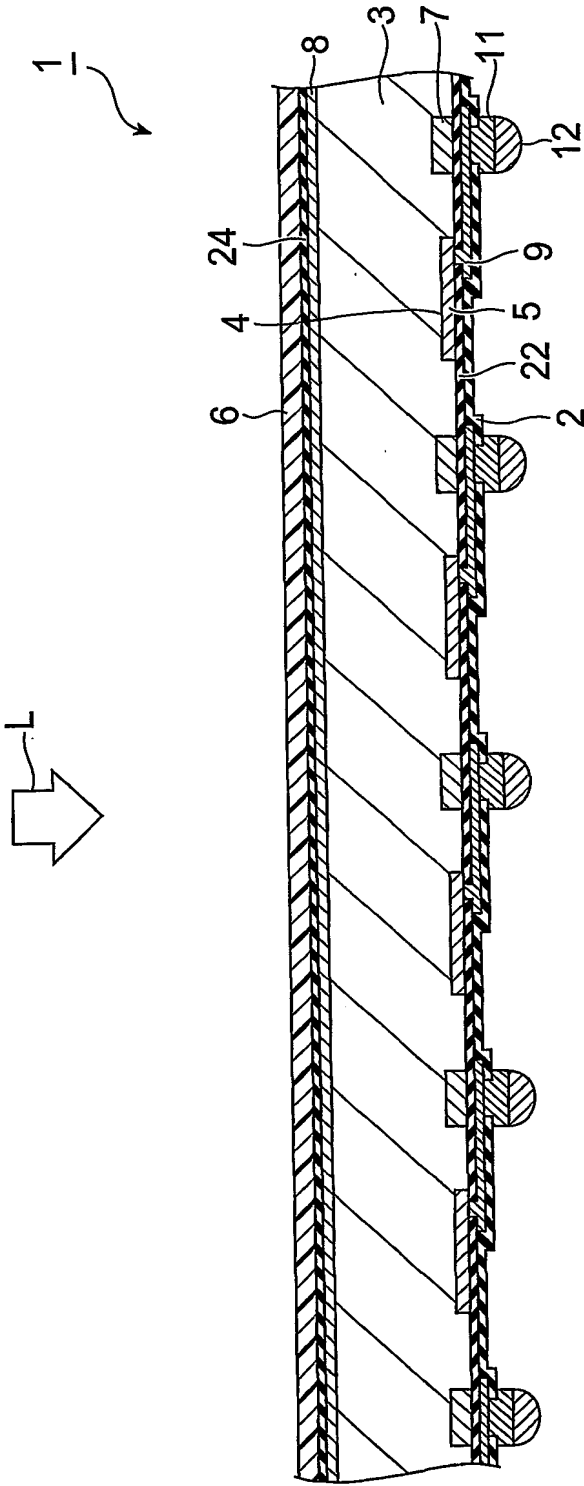


图2

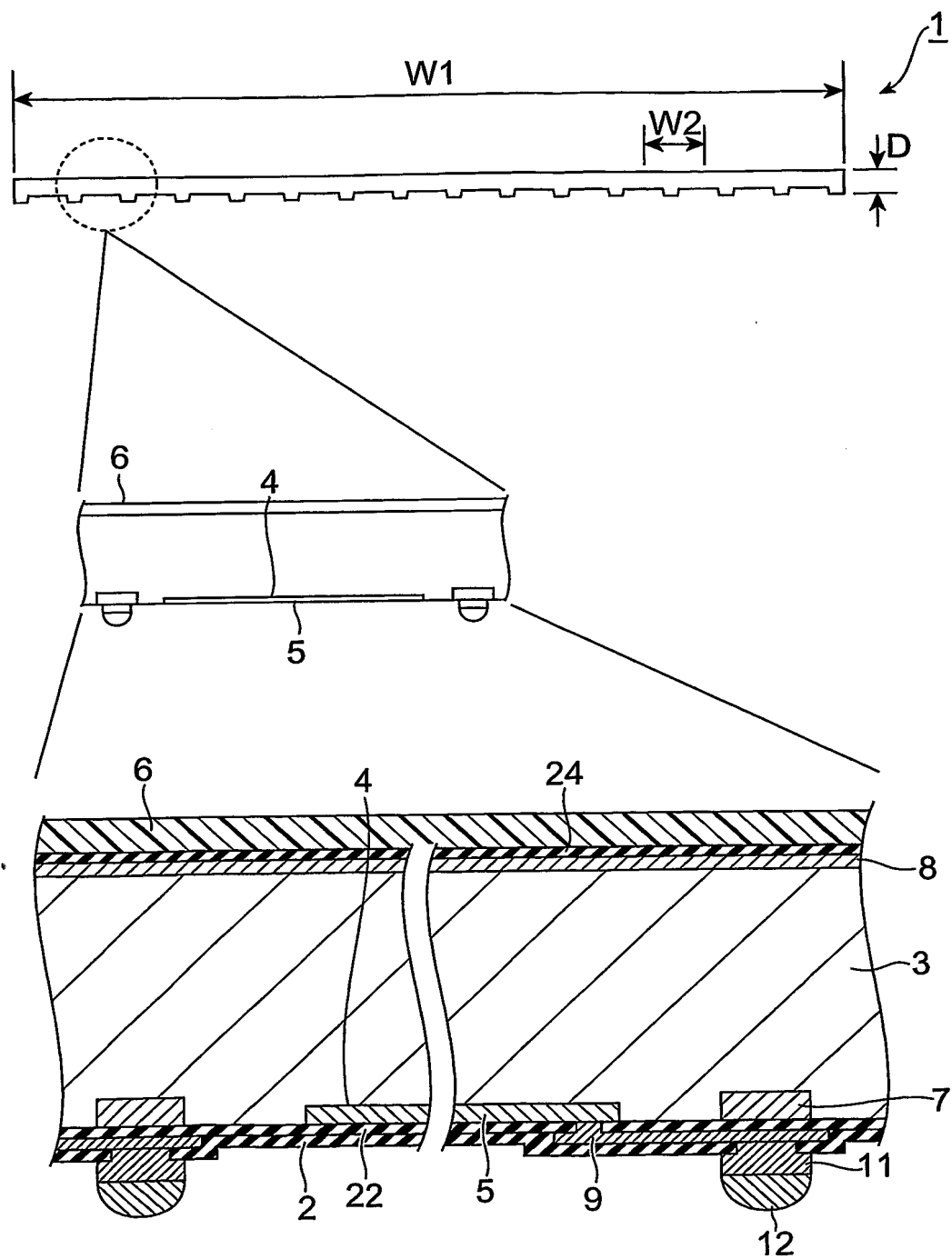


図3

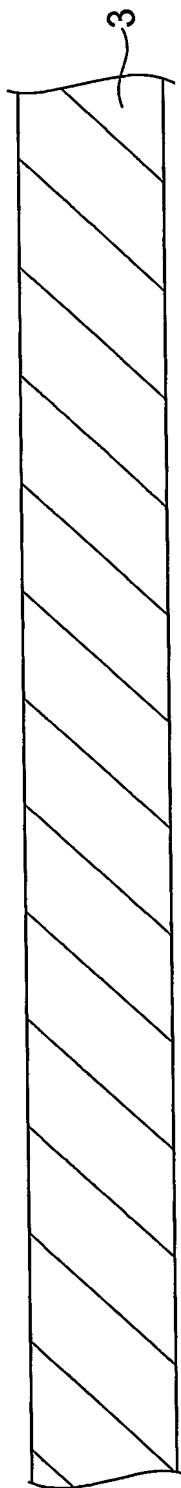


図4

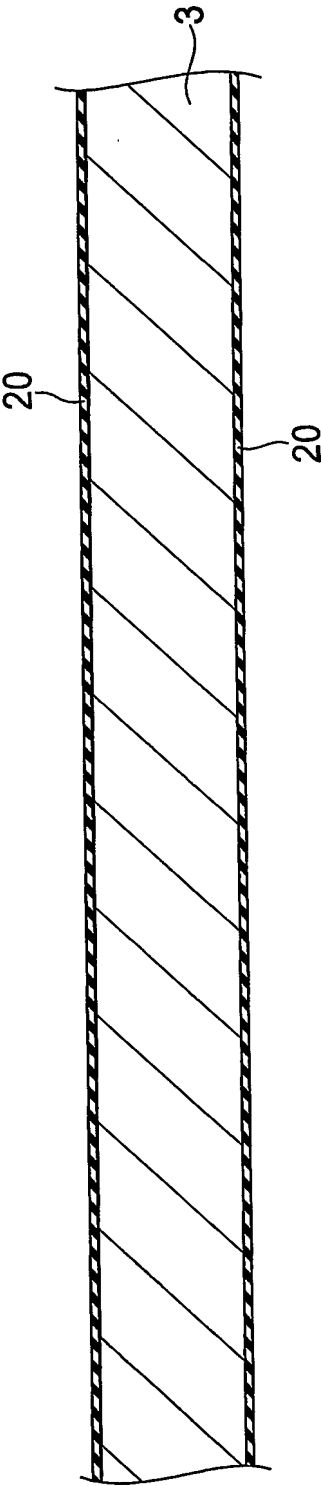


図5

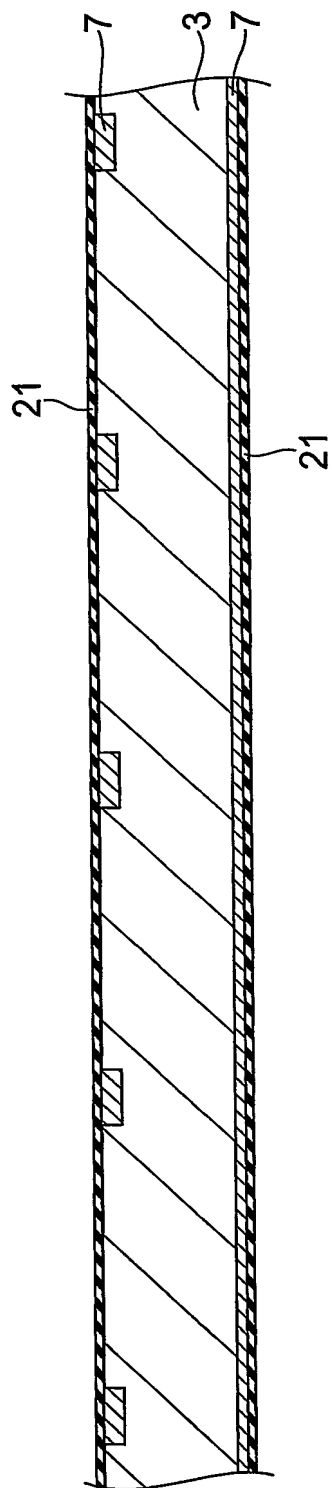


図6

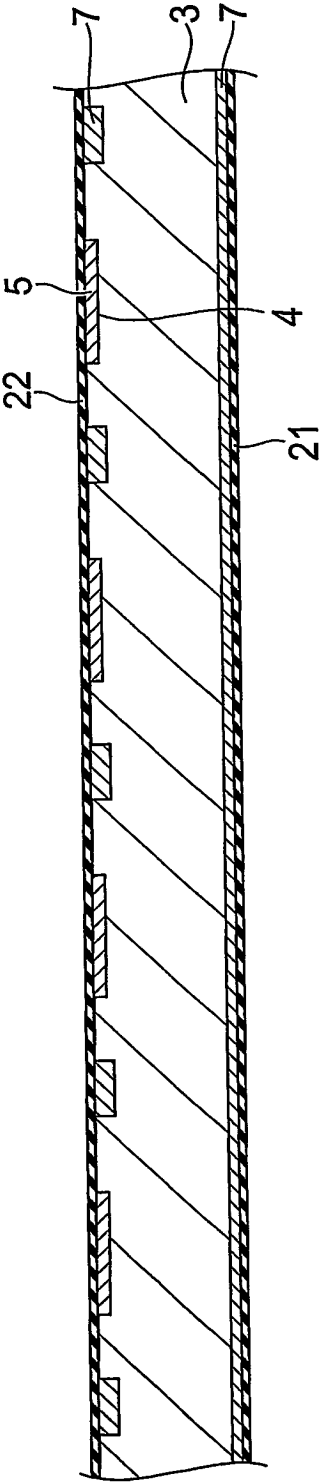


図7

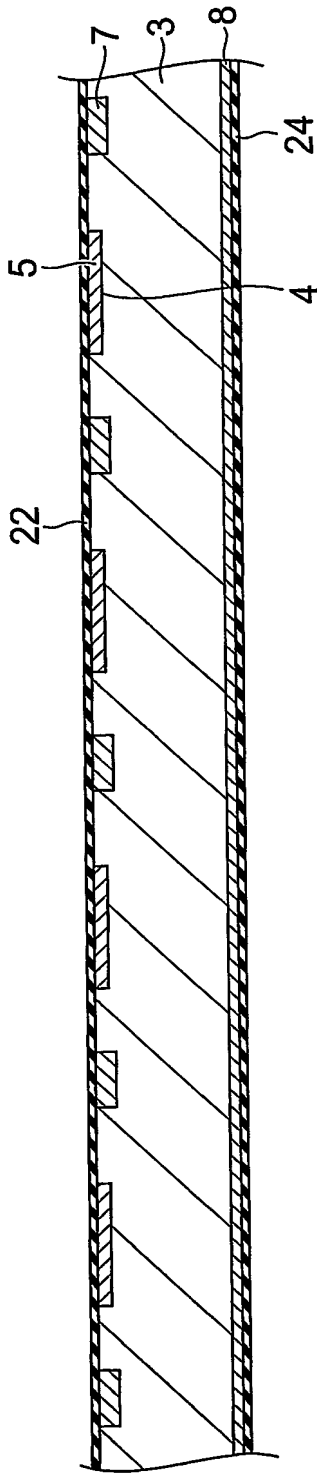


図8

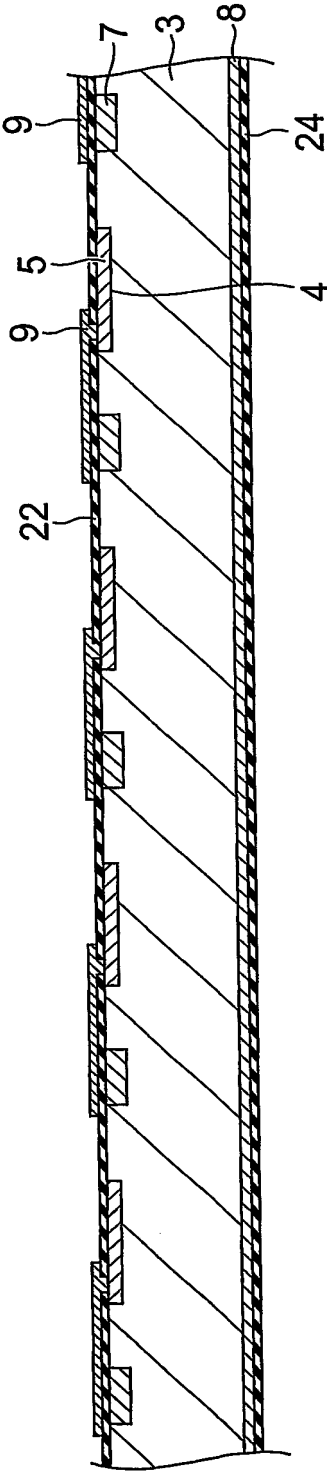


図9

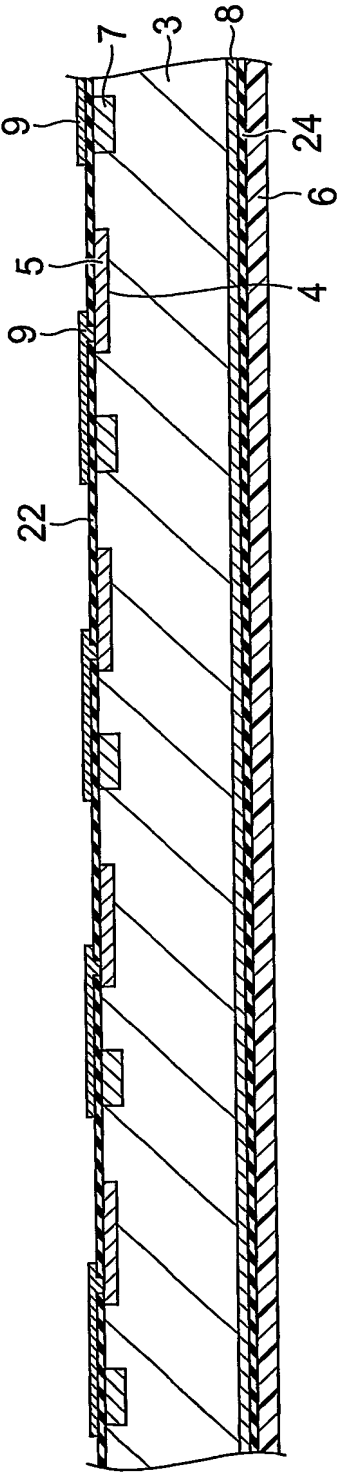


图10

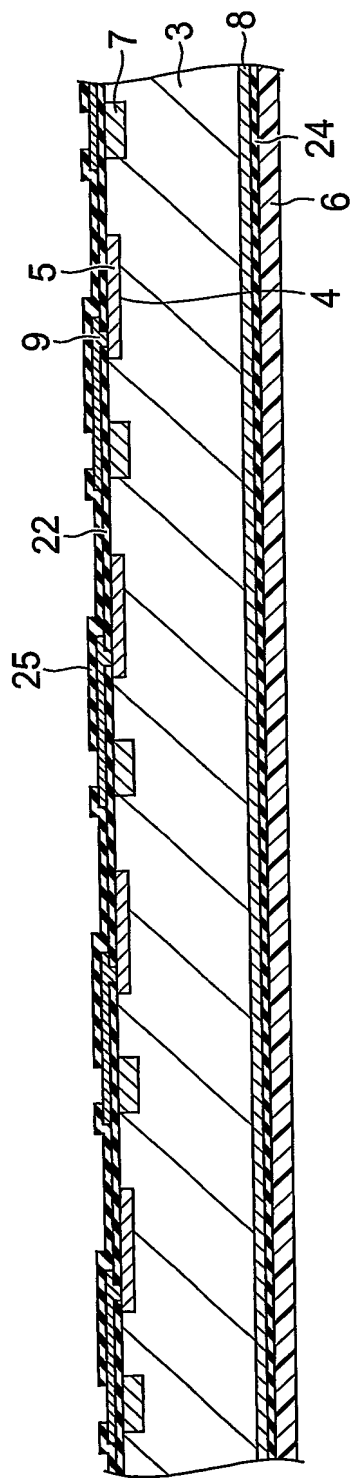


图11

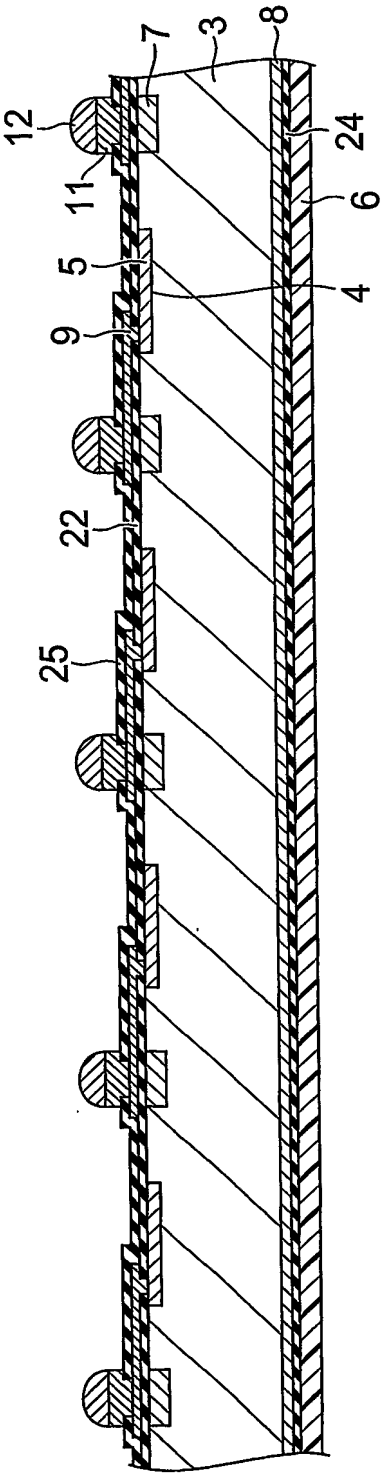
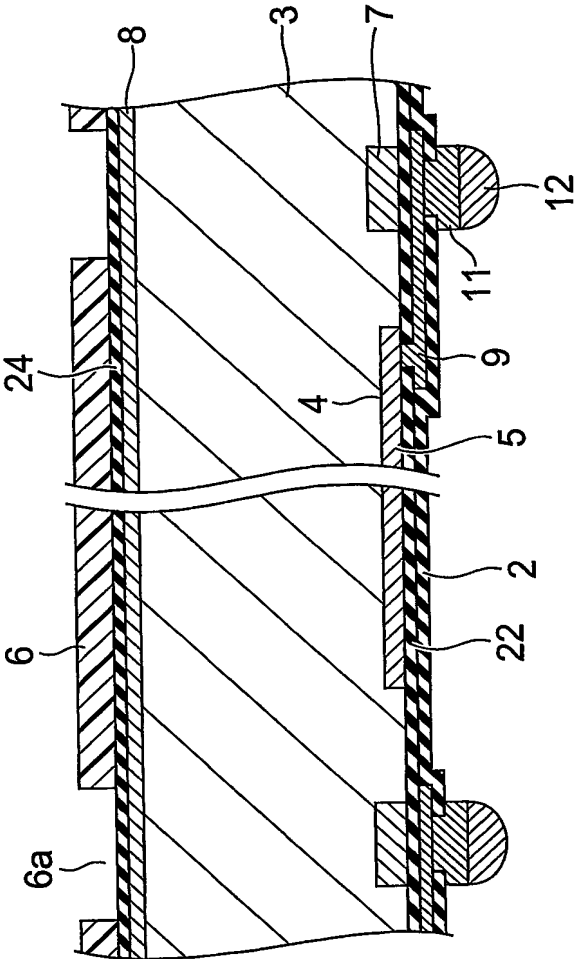


图12



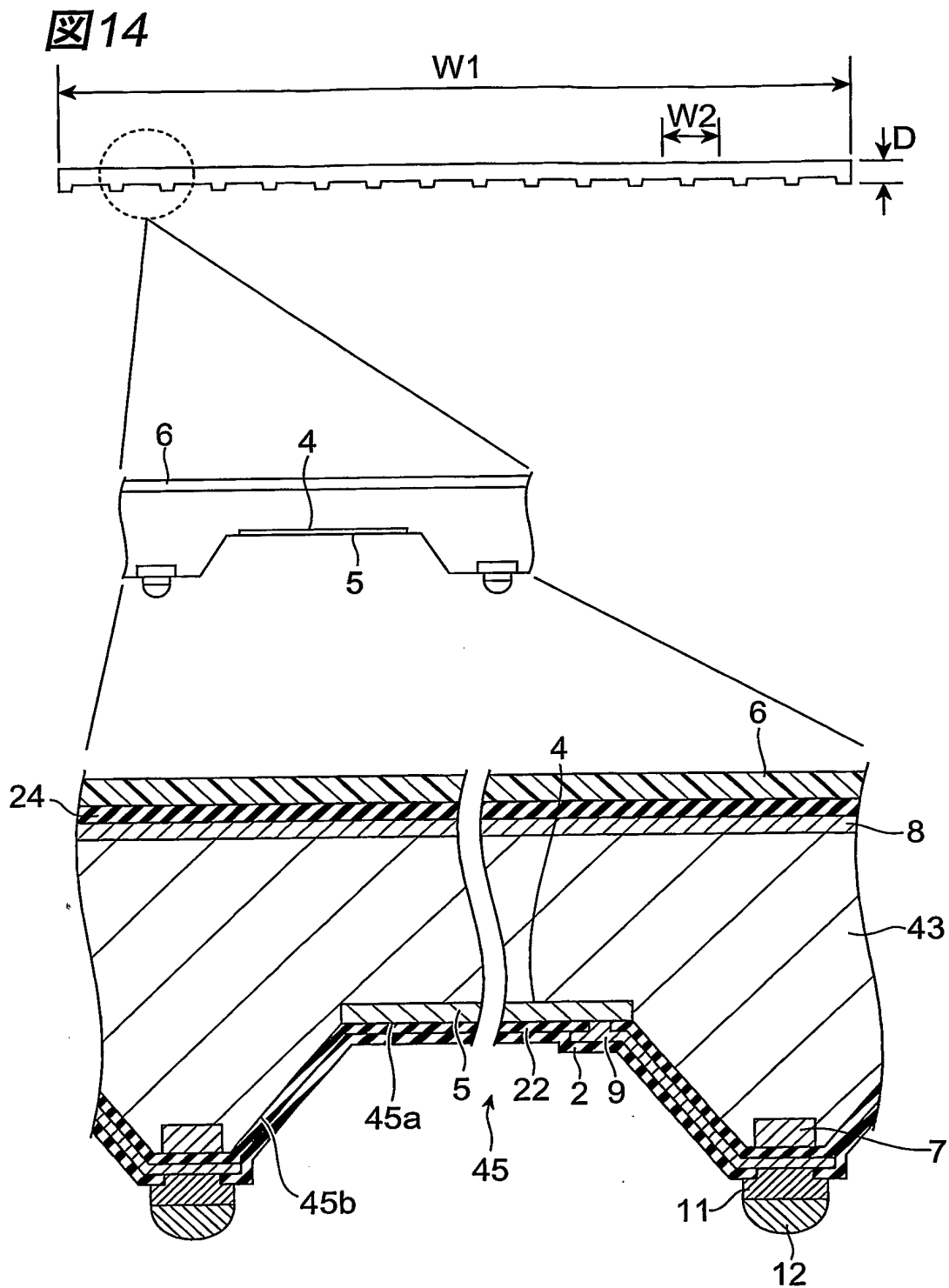


図15

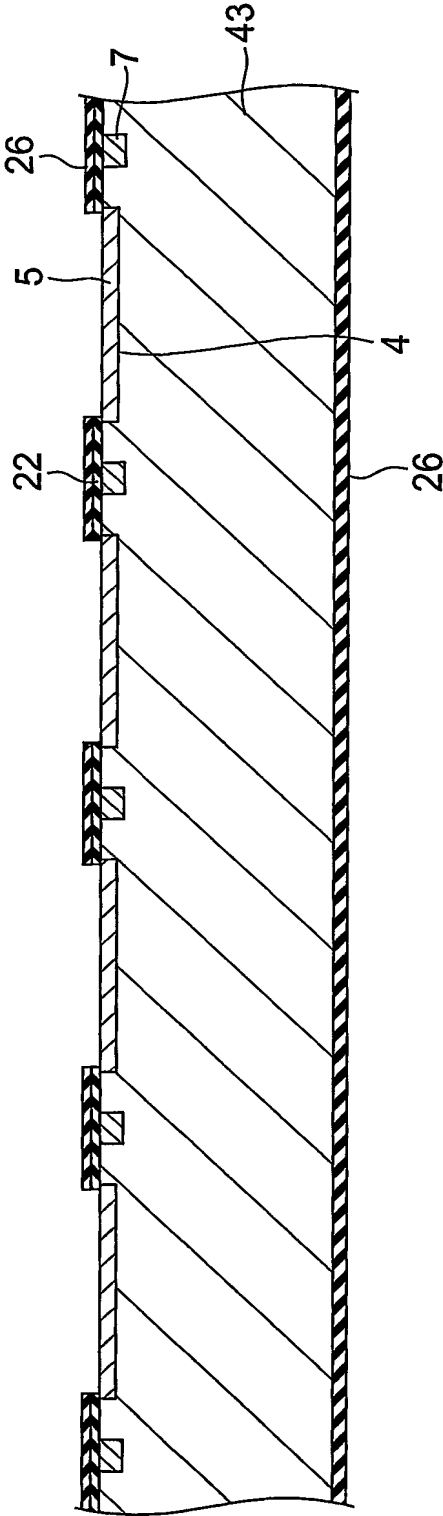


図16

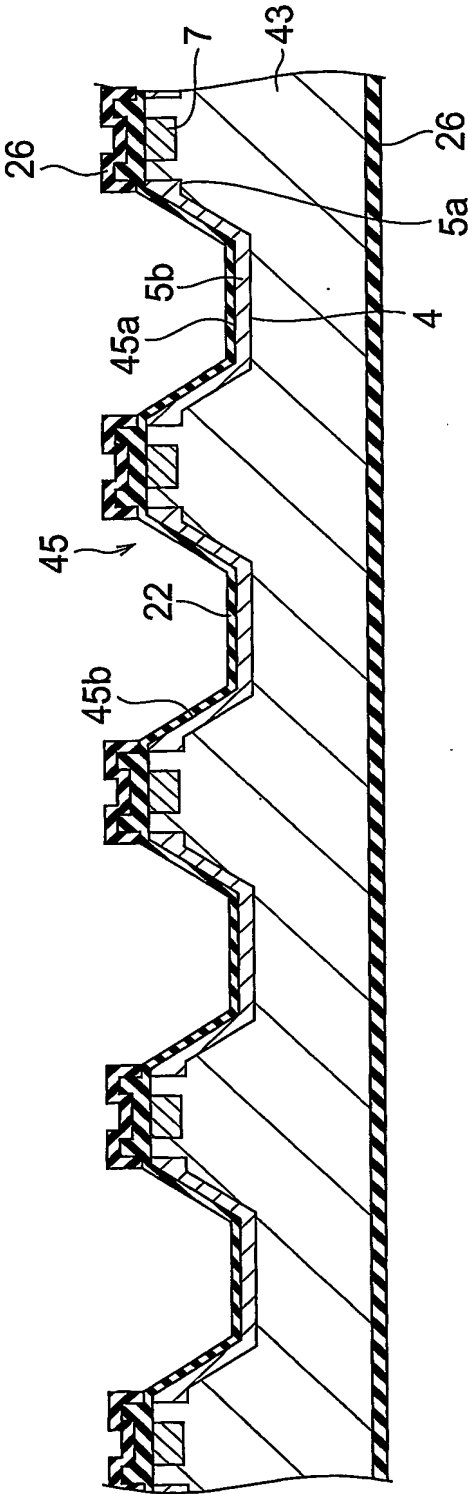


图17

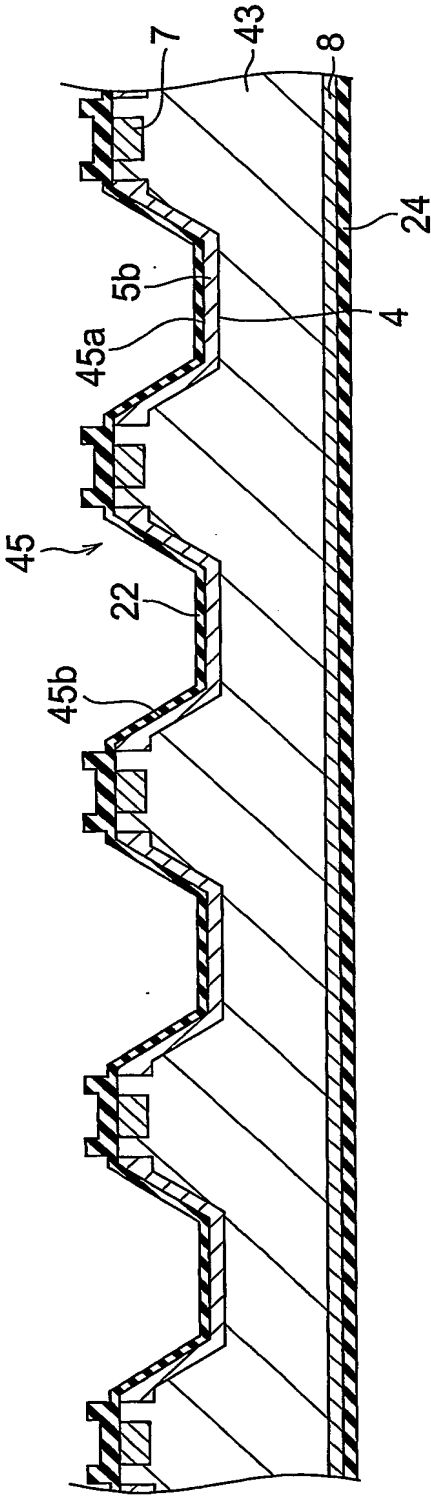


図18

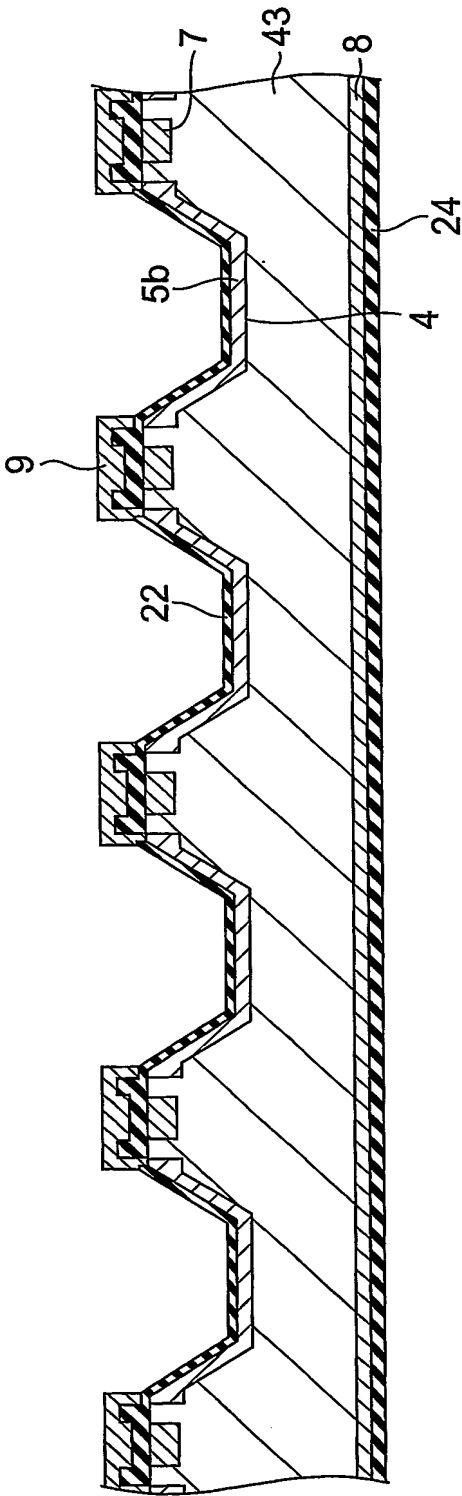


图19

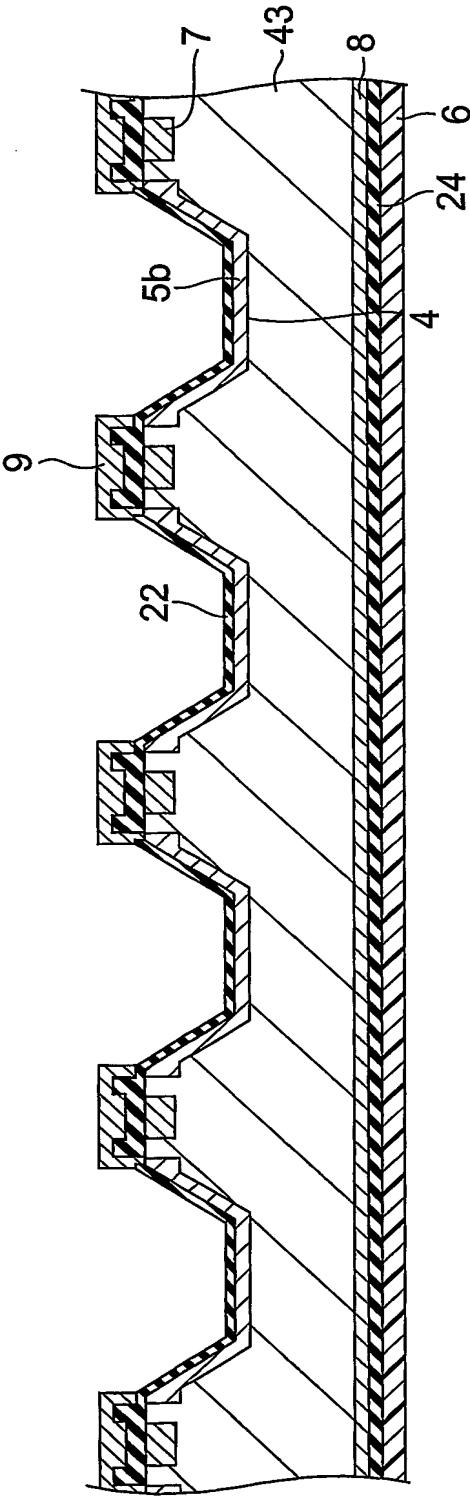


図20

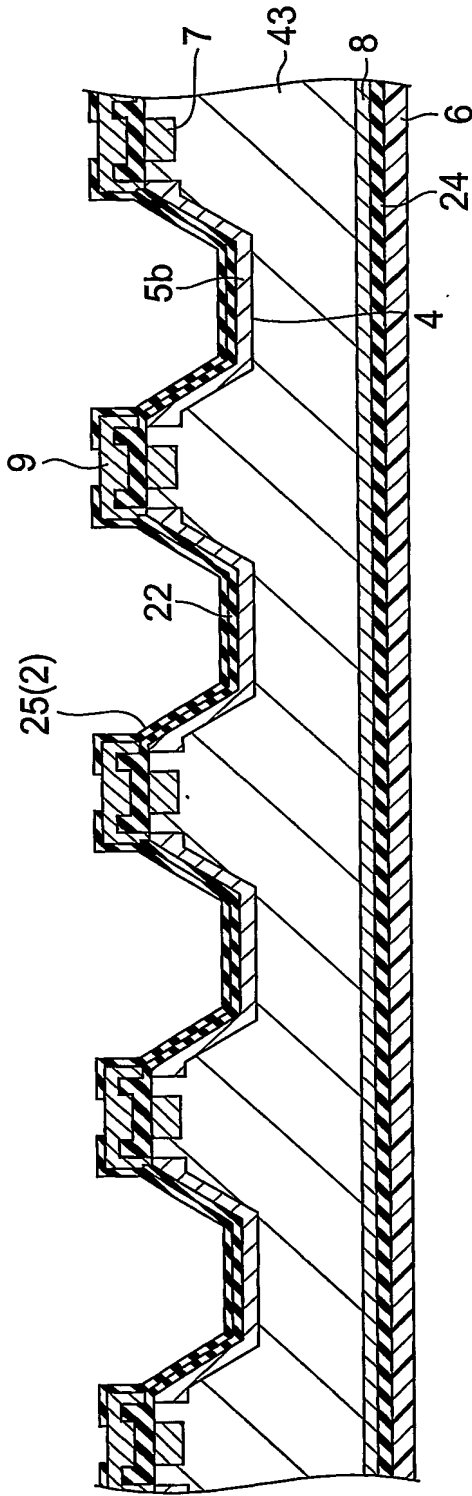
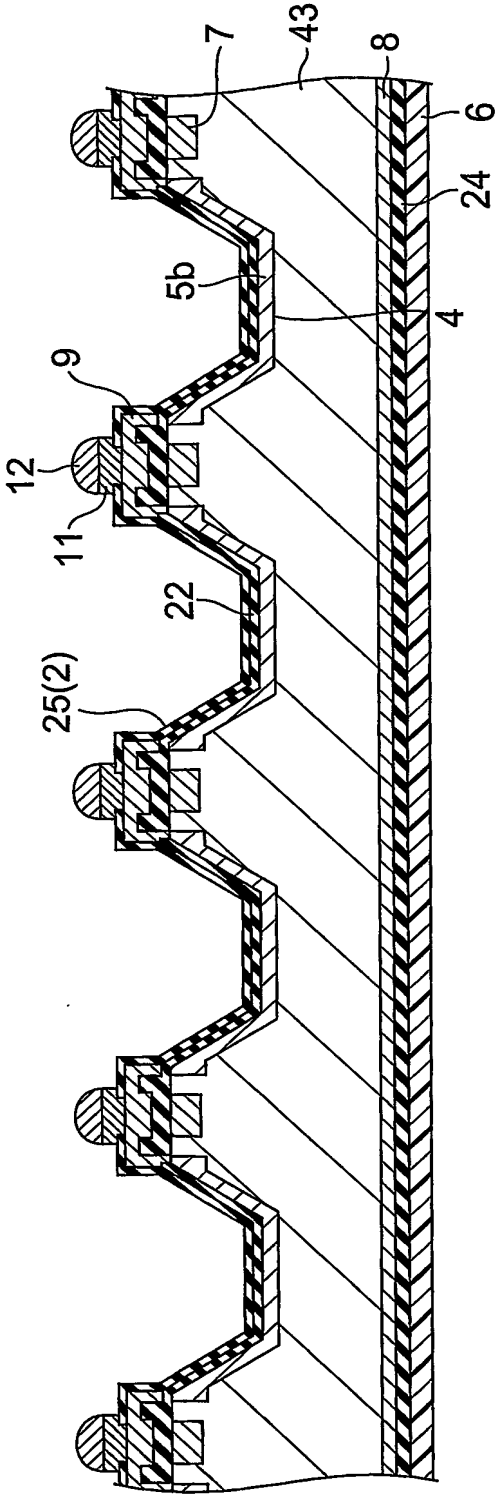
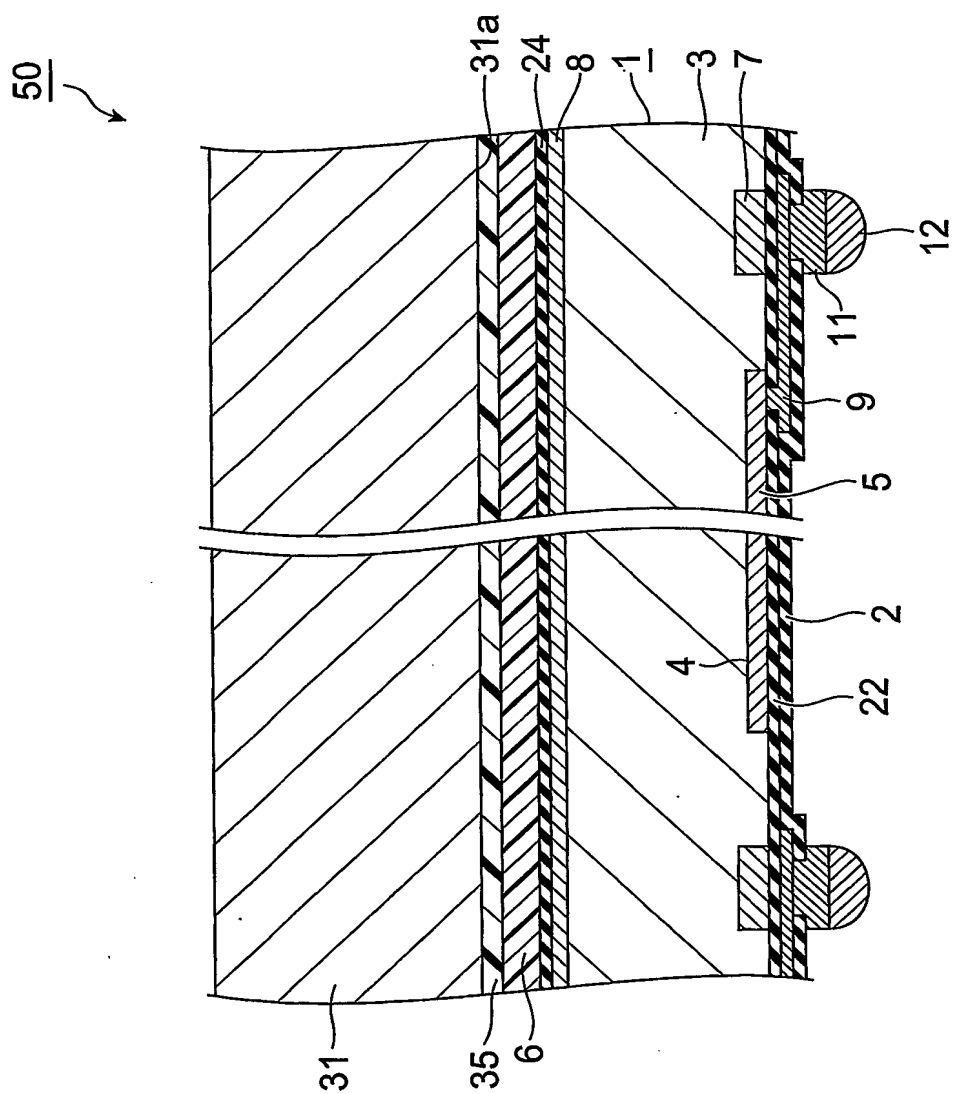


図21





22

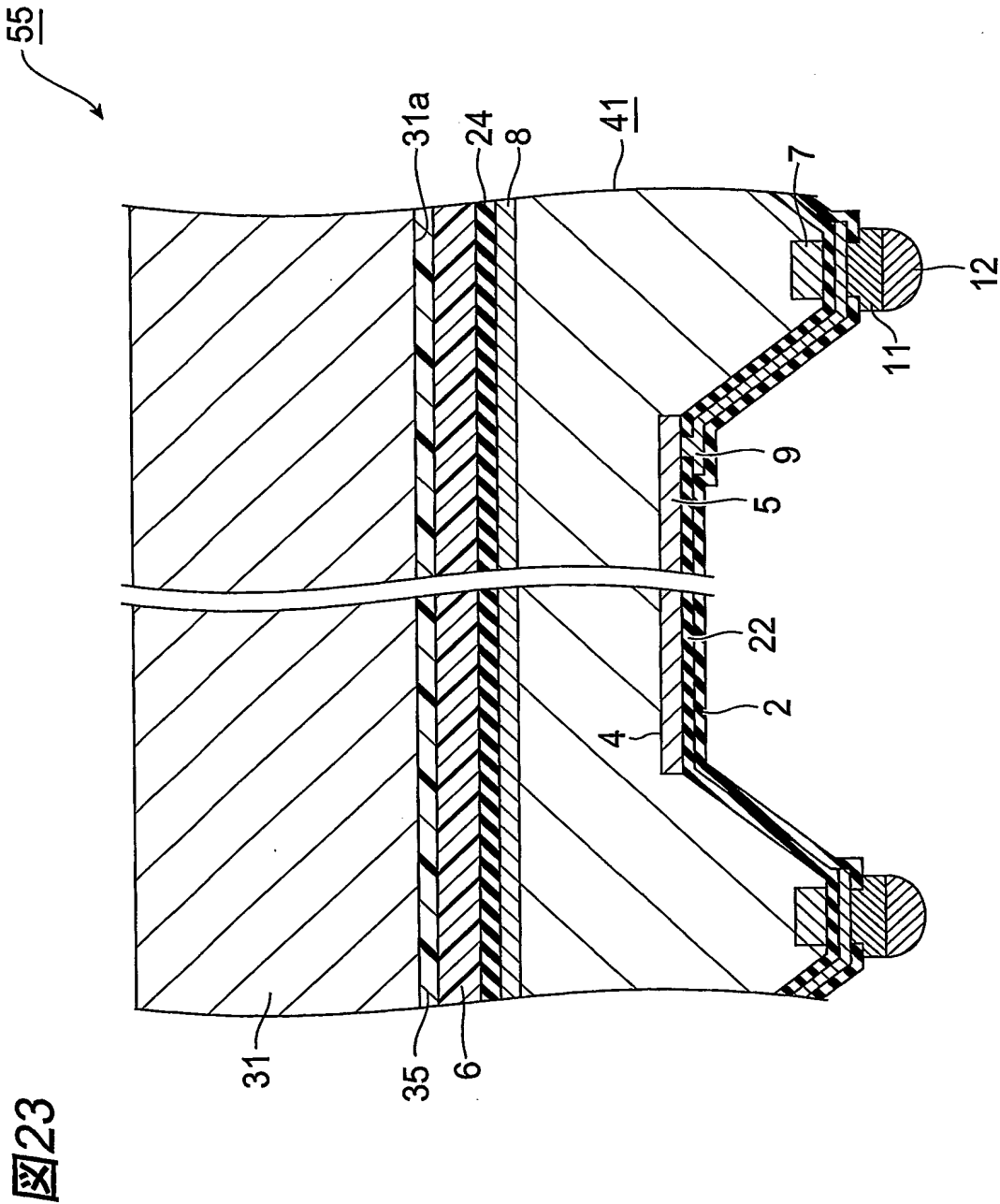


図24B

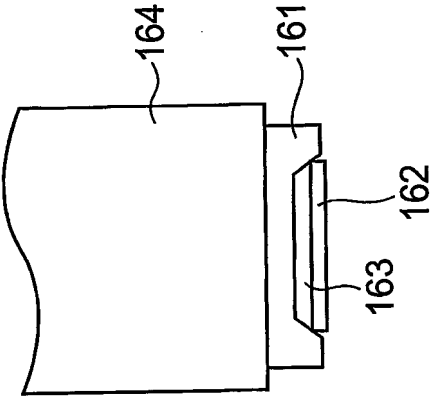


図24A

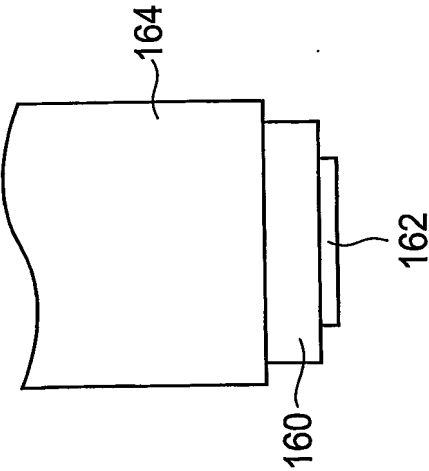


図25

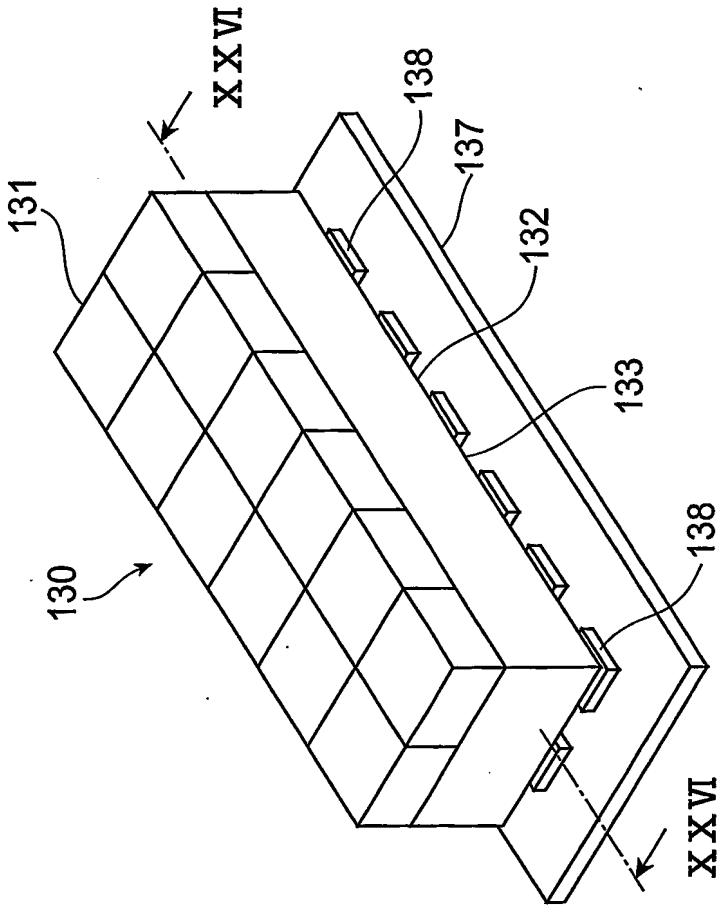
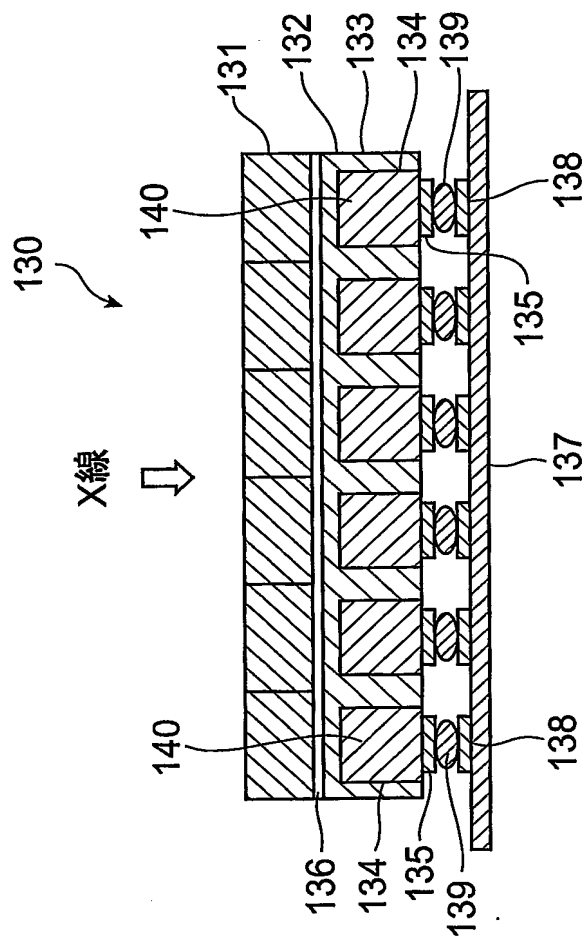


図26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-291892 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 19 October, 2001 (19.10.01), Full text; all drawings & AU 4458601 A & CN 1422441 A & EP 1280207 A1 & WO 01/75977 A1 & US 2003/34496 A1	1-11
Y	JP 2003-66150 A (Canon Inc.), 05 March, 2003 (05.03.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 June, 2004 (08.06.04)

Date of mailing of the international search report
22 June, 2004 (22.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004212

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 01/51950 A1 (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 19 July, 2001 (19.07.01), Full text; all drawings & AU 2548501 A & EP 1253442 A1 & US 2002/158208 A1	1-11
Y	JP 5-121711 A (NEC Corp.), 18 May, 1993 (18.05.93), Full text; all drawings (Family: none)	2-5, 7-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L27/146, H01L31/10, G01T1/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-291892 A (浜松ホトニクス株式会社) 2001. 10. 19, 全文, 全図 &AU 4458601 A &CN 1422441 A &EP 1280207 A1 &WO 01/75977 A1 &US 2003/34496 A1	1-11
Y	JP 2003-66150 A (キヤノン株式会社) 2003. 03. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 06. 2004

国際調査報告の発送日

22. 6. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

柴山 将隆

4 L

3035

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 01/51950 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 2001. 07. 19, 全文, 全図 &AU 2548501 A &EP 1253442 A1 &US 2002/158208 A1	1-11
Y	JP 5-121711 A (日本電気株式会社) 1993. 05. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2-5, 7-11